

**T/CECS XXX—202X**

|  |
| --- |
| 中国工程建设标准化协会标准 |
| 有轨电车工程绿色低碳技术规程XXXXXXX征求意见稿 |
|  |

**XXX出版社**

前　　言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2022年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2022]13号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国外标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本标准。

本标准共分为8章，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、路基工程、轨道工程、桥涵与地下工程、建筑工程、机电工程。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会绿色建筑与生态城区分会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见和建议，请寄送至中国建筑科学研究院有限公司（地址：北京市朝阳区北三环东路30号，邮编：100013）。

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

 嘉兴市铁路与轨道交通投资集团有限责任公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总 则 7

2 术 语 8

3 基本规定 9

4 路基工程 10

4. 1 一般规定 10

4. 2 换填路基 10

4. 3 桩板结构 11

5 轨道工程 13

5. 1 一般规定 13

5. 2 基本技术要求 14

5. 3 轨道部件 15

5. 4 道床结构 16

5. 5 无缝线路 17

5. 6 轨道排水 17

5. 7 减振轨道结构 18

5. 8 铺装 18

5. 9 轨道附属设备及安全设备 18

6 桥涵与地下工程 19

6. 1 一般规定 19

6. 2 桥涵工程 19

6. 3 地下工程 19

7 建筑工程 21

7. 1 一般规定 21

7. 2 车站 21

7. 3 车辆基地 22

8 机电工程 23

8. 1 一般规定 23

8. 2 车辆 23

8. 3 电气工程 24

8. 4 低碳运维 24

本标准用词说明 26

引用标准名录 27

附：条文说明 28

Contents

1 General Provisions 7

2 Terms 8

3 Basic Requirements 9

4 Subgrade Engineering 10

4. 1 General Requirements 10

4. 2 Roadbed Replacement 10

4. 3 Pile-board Structure 11

5 Track Engineering 13

5. 1 General Requirements 13

5. 2 Basic Technical Requirements 14

5. 3 Track Components 15

5. 4 Track Bed Structure 16

5. 5 Continuous Welded Rail 17

5. 6 Track Drainage 17

5. 7 Damping Track Structure 18

5. 8 Paving 18

5. 9 Track Auxiliary Equipment and Safety Equipment 18

6 Bridge and Culvert and Underground Engineering 19

6. 1 General Requirements 19

6. 2 Bridge and Culvert Engineering 19

6. 3 Underground Engineering 19

7 Architectural Engineering 21

7. 1 General Requirements 21

7. 2 Station 21

7. 3 Vehicle Base 22

8 Electromechanical Engineering 23

8. 1 General Requirements 23

8. 2 Vehicle 23

8. 3 Electrical Engineering 24

8. 4 Low-carbon Operation and Maintenance 24

Explanation of Wording in This Standard 26

List of Quoted Standards 27

Addition：Explanation of Provisions 28

# 1 总 则

**1. 0. 1** 为贯彻落实绿色低碳发展理念，推进绿色低碳有轨电车高质量发展，规范绿色低碳有轨电车工程项目建设，促进有轨电车绿色低碳性能提升，提高有轨电车土地空间综合利用率和能源利用率，制定本规程。

**1. 0. 2** 本规程适用于有轨电车绿色低碳化设计、施工及运营。

**1. 0. 3** 绿色低碳有轨电车的设计、施工和运营应满足安全、环境保护和资源节约的要求，做到以人为本、技术成熟、经济适用。

**1. 0. 4** 绿色低碳有轨电车的技术要求，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家、行业现行有关标准的规定。

# 2 术 语

**2. 0. 1** 绿色低碳有轨电车 green and low-carbon tram

指包括车辆、车站、线路、车辆基地、机电设备在内的各组成部分，在有轨电车全生命期内均满足安全耐久，服务便捷、健康舒适、环境友好、资源节约等绿色低碳化要求的有轨电车。

**2. 0. 2** 绿色低碳性能 green and low-carbon performance

涉及有轨电车全生命期的安全耐久、环境健康、资源节约（节地、节能、节水、节材、低碳）、施工管理和运营服务等方面的综合性能。

**2. 0. 3** 低碳运维 low carbon operation and maintenance

有轨电车运行维护过程中涉及到的用能系统调控、能源分项计量、能源监管、能源评估及环境保障等相关工作，采取的低碳、减碳措施。

# 3 基本规定

**3. 0. 1** 绿色低碳有轨电车建设应贯穿于其规划设计、施工、运营等各个阶段，综合考虑有轨电车全生命周期的技术与经济特性，采用有利于实现其可持续发展的绿色低碳技术。

**3. 0. 2** 绿色低碳有轨电车应在其全生命期内遵循安全耐久、服务便捷、健康舒适、环境保护、资源节约的原则。

**3. 0. 3** 绿色低碳有轨电车的运营组织设计应根据有轨电车交通线网规划、预测客流量和乘客出行需求，形成系统的运营概念，明确运营需求，确定高效节能的运营规模、模式和管理方式。

**3. 0. 4** 绿色低碳有轨电车应针对有轨电车全线建立健全网络化控制系统，实现轨道、车辆、供电、信号、通信及运营组织等相互兼容。

**3. 0. 5** 绿色低碳有轨电车项目施工过程中必须制定并实施保护环境的具体措施，同时考虑施工过程中资源的节约，提升施工水平及效率。

**3. 0. 6** 绿色低碳有轨电车应积极推广新技术、新工艺、新产品、新材料等。

# 4 路基工程

4. 1 一般规定

**4. 1. 1** 有砟路基可参照现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157、现行行业标准《铁路路基设计规范》TB 10001铁道行业设计规范的有关规定执行。

**4. 1. 2** 路基应根据工程地质、水文地质、环境条件选用换填路基、桩板结构等型式。

**4. 1. 3** 路基结构应满足强度、稳定性和耐久性的要求，工后差异沉降量应满足轨道线路的平顺性要求。

**4. 1. 4** 轨道荷载、车辆荷载可采用换算土柱高度代替。

**4. 1. 5** 路基与桥台、横向结构物，有砟轨道与无砟轨道连接处等易产生差异沉降处均宜设置过渡段。

**4. 1. 6** 路基应加强与轨道、机电、道路等工程的接口设计，预留必要的预埋件。

**4. 1. 7** 利用既有道路改建时，应对既有道路路基性状进行调查和评价，采取合理的技术方案和工程措施。

**4. 1. 8** 路基工后沉降不宜超过50 mm，工后不均匀沉降量不应超过扣件允许的可调节量。路桥或路隧交界处差异沉降不应大于15 mm，过渡段与桥梁间的折角不应大于1/1000。

4. 2 换填路基

**4. 2. 1** 无砟轨道路基面宜水平设置，并设置排水系统。

**4. 2. 2** 路基基床表层支承层采用素混凝土，混凝土强度不宜低于C20；支承层厚度宜为0.2m，宽度不宜小于道床板宽度加0.2m。

**4. 2. 3** 路基基床由表层和底层组成。基床厚度应满足车辆产生的最大动应力与路基自重应力之比不大于0.2的要求。路基基床表层的强度应能承受车辆荷载的长期作用，刚度应满足车辆运行时弹性变形控制要求。

**1** 基床表层宜优先选用水泥稳定碎石，水泥掺量5%。

**2** 基床底层范围内的天然地基应满足Ps大于1.2MPa或容许承载力大于0.15MPa。天然地基不满足基床底层土质要求时，可采取换填、地基改良或加固措施。基床底层填料可选用A、B组填料或改良土。在高地下水位的黏性土地基上填筑路堤时，应填筑渗水性材料。基床底层范围内填料最大粒径不应大于60 mm，填料分类要求宜按现行行业标准《铁路路基设计规范》TB 10001的有关规定执行。

**3** 基床压实标准应符合表4.2.3的规定。

**表4.2.3 路基基床各层的压实标准**

| 压实指标 | 表层填料 | 底层填料 |
| --- | --- | --- |
| 水泥稳定碎石 | 化学改良土 | 砂类土及细砾土 | 碎石类及粗砾土 |
| 压实系数Kha | 0.97 | ≥0.95 | ≥0.95 | ≥0.95 |
| K30（MPa/m）b | 190 | — | ≥130 | ≥150 |
| 7d饱和无侧限抗压强度（MPa） | 3 | ≥0.35 | — | — |
|  Kha为重型击实试验的压实系数；  K30b为直径30cm直径平板荷载试验的地基系数，取下沉量为0.125cm的荷载强度。 |

**4. 2. 4** 基床以下的天然地基为软弱土层时，可采取换填、地基改良或加固措施。

**1** 基床以下部分填料可选用A、B组填料和C组碎石、砾石类填料，其粒径级配应满足压实性能要求。当选用C组细粒土填料时，应根据填料性质进行改良。基床以下填料压实标准应符合表4.2.4的规定。

**2** 浸水部位的填料，应选用渗水土填料。

**表4.2.4 基床以下填料及压实标准**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 压实标准 | 化学改良土 | 砂类土及细砾土 | 碎石类及粗砾土 |
| 压实系数K | ≥0.92 | ≥0.92 | ≥0.92 |
| 地基系数K30（MPa/m） | — | ≥110 | ≥130 |
| 7d饱和无侧限抗压强度（MPa） | ≥0.25 | — | — |

**4. 2. 5** 软土及其他类型厚层松软地基上的路基应进行稳定性、沉降检算。当稳定安全系数、工后沉降不符合规定时，应进行地基处理。

4. 3 桩板结构

**4. 3. 1** 桩板结构以加强道床板作为支承轨道的结构，其下宜采用减沉复合疏桩、复合地基等基础型式。桩板结构主要用于深厚软土地区路基以及换填路基与基础刚度有显著差异的横向结构物相接的过渡段。

**4. 3. 2** 桩板结构应根据不同的环境条件和地质条件选择现浇式桩板结构和装配式桩板结构。

**4. 3. 3** 现浇式桩板结构应符合下列规定：

1 桩板结构应设置变形缝，变形缝间距宜为25~30m。

2 桩板结构过渡段总长度不宜小于60m。

3 采用复合地基的桩板结构，底板与桩顶之间应设置褥垫层。

**4. 3. 4** 装配式桩板结构应符合下列规定：

1 单个预制板、梁长度宜为5~8m。

2 相邻两个预制板、梁之间应留20~30mm的间隙。

3 预制板、梁与预制桩之间的连接强度应大于桩身强度且应具备竖向位置调节功能，调节范围应包络构件制作误差、施工误差以及沉降差，宜采用机械连接。

**4. 3. 5**桩板结构基础符合下列规定：

**1** 桩板结构基础，应同时满足差异沉降控制和承载力要求。当下部存在软弱下卧层时，尚应复核软弱下卧层的影响。

**2** 减沉复合疏桩基础承载力及沉降计算可按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94的有关规定计算。

**3** 复合地基承载力及沉降计算可采用现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79的有关规定计算。

**4** 桩基检测应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的有关要求，复合地基的检测应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79的有关要求。

# 5 轨道工程

## 5. 1 一般规定

**5. 1. 1** 轨道结构应具有较强的整体性能，具有足够的强度、适当的刚度和弹性，满足稳定性、耐久性和绝缘性要求。

**5. 1. 2** 无砟轨道主体结构的设计使用年限不应低于50年。

**5. 1. 3** 根据环境保护对沿线不同地段的减振、降噪要求，采取相应的减振、降噪措施。

**5. 1. 4** 轨道养护维修用房、检测和维护设备、备品备件，应根据线网及运营维护需求配备。

**5. 1. 5** 应确保轨道结构的竖向、横向和纵向稳定性，满足无缝线路设计相关要求。

**5. 1. 6**  应做好轨道结构的刚度设计，当与其他相连轨道刚度差异较大时，连接处应设置轨道过渡段。

**5. 1. 7** 轨道静态铺设精度应满足表5.1.7-1和表5.1.7-2的要求。

**表5.1.7-1 无砟轨道整道允许偏差和检验方法**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 允许偏差（mm） | 备注 |
| 1 | 轨距 | 相对于标准轨距 | +0/-3 | 相对于标准轨距1435 mm。轨距可根据车辆和线路情况作适当调整 |
| 轨距变化率 | 1/1000 | —— |
| 2 | 轨向 | 直线(10 m弦量) | ≤2 | 测量弦长10 m，每延米突变不大于2 mm |
| 曲线 | 见表5.1.8-2 | —— |
| 3 | 水平 | 2 | 不包含圆曲线与缓和曲线上的超高值 | 3 |
| 4 | 扭曲(基长3 m) | 3 | 测量基长3 m，包含缓和曲线上因超高顺坡造成的扭曲值 | 4 |
| 5 | 高低(10 m弦量) | 2 | 测量弦长10 m，每延米突变不大于2 mm | 5 |

**表5.1.7-2 曲线正矢允许偏差**

| 曲线半径R（m） | 缓和曲线正矢与计算正矢差(mm) | 圆曲线正矢连续差(mm) | 圆曲线正矢最大最小值差(mm) | 采用弦线长度（m） |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| R＜50 | 1 | 2 | 3 | 5 |
| 50≤R＜100 | 3 | 4 | 6 | 10 |
| 100≤R＜200 | 2 | 3 | 5 | 10 |
| 200≤R＜250 | 4 | 6 | 9 | 20 |
| 250≤R＜350 | 3 | 5 | 7 |
| 350≤R＜450 | 2 | 4 | 5 |
| 450≤R＜650 | 2 | 3 | 4 |
| 650≤R | 1 | 2 | 3 |

## 5. 2 基本技术要求

**5. 2. 1** 标准轨距为1435 mm，槽型轨不宜采用轨距加宽。

**5. 2. 2** 轨头设坡的槽型轨不设轨底坡，其他型式的钢轨应设置1/40～1/30的轨底坡。在无轨底坡的两道岔间距不足50m的地段，不应设置轨底坡。

**5. 2. 3** 轨道曲线超高值应按公式5.2.3计算：

 （5.2.3）

 式中：

 h —— 超高，单位为毫米（mm）；

 VC —— 车辆通过速度，单位为千米每小时（km/h）；

 R —— 曲线半径，单位为米（m）。

曲线的最大超高值不得大于120 mm，未被平衡超高允许值不宜大于61 mm，困难时不应大于75 mm。交叉口轨道曲线超高应结合道路横断面设计，当计算超高小于5mm时，可不设置超高。

**5. 2. 4** 曲线超高设置应符合下列规定：

**1** 采用埋入式轨道结构时，轨道曲线超高应采用外轨抬高超高值设置。采用非埋入式轨道结构时，隧道内及隧道外U形结构的整体道床地段轨道曲线超高宜采用外轨抬高1/2超高值、内轨降低1/2超高值设置；高架线、地面线的轨道曲线超高，宜采用外轨抬高超高值设置。

**2** 超高顺坡率不宜大于2‰，困难地段不应大于2.5‰。曲线超高值应在缓和曲线内递减；缓和曲线长度不足或无缓和曲线时，应在直线段递减。

**5. 2. 5** 轨道结构高度应根据结构型式确定，应符合下列规定：

**1** 无砟轨道，结构高度宜采用500 mm。

**2** 正线及试车线和出入线有砟轨道结构高度为700mm～950 mm，车场线有砟轨道结构高度为560mm～630 mm。

**3** 车场库内轨道结构高度为500mm～600 mm。

**5. 2. 6** 正线宜采用无砟道床；市郊线及设于道路红线外的线路，可采用有砟道床。出入线和车场库外线宜采用有砟道床。正线及其配线上同一曲线地段宜采用一种道床结构型式。

**5. 2. 7** 正线及配线上的扣件铺设数量宜为1600～1680对每千米，半径小于400m的曲线地段扣件铺设数量宜为1680~1760对每千米。车场线扣件铺设数量宜为1440对每千米。

## 5. 3 轨道部件

**5. 3. 1** 钢轨应符合下列规定：

**1** 正线及配线应采用不小于50kg/m的钢轨，埋入式轨道结构宜采用槽型轨，且采取适当的防腐绝缘措施。槽型轨轨距测量点为轨面下14mm位置。车场线宜采用50kg/m钢轨；采用埋入式轨道结构时，可采用槽型轨。

**2** 正线车站、交叉口、纵断面坡度大于40‰及平面半径小于400m的曲线地段，应采用全长淬火钢轨或耐磨钢轨。

**3** 有缝线路钢轨接头应采用对接方式。曲线半径不大于200m的曲线地段应采用错接方式，错接距离不应小于3m。

**4** 不同类型的钢轨连接应保证接头可靠性和特定性，可采用异型轨、异型焊接、接头夹板型式。

**5. 3. 2** 采用弹性扣件的轨道结构，其扣件结构应符合下列规定：

**1** 扣件结构力求简单，尽量少维护，具有一定的轨距及高低调整量，并应具有良好的绝缘、防腐性能，高原地区露天地段应有抗紫外线性能。高架线铺设无缝线路时，扣件阻力应满足无缝线路强度及稳定性要求，且梁轨力大小应满足桥梁设计要求。扣件的绝缘部件工作电阻应大于108Ω，湿态下不应小于5 000Ω。

**2** 埋入式轨道结构中应使用扣件罩，且与扣件系统有简单可靠的连接方式。混行地段的扣件罩应具有足够的强度和刚度。

**3** 无砟道床的节点垂直静刚度宜为30～50kN/ mm，有砟道床的节点垂直静刚度宜为40～60kN/ mm。

**5. 3. 3** 道岔结构应符合下列规定：

**1** 应结合全线线路布置，统筹设计全线的道岔，尽量减少道岔类型。正线道岔应采用无缝道岔。车辆段内两道岔间可设置直线段钢轨连接，插入短钢轨最小长度应满足信号要求。正线道岔的钢轨类型应与正线区间的钢轨类型一致，并不得低于相邻区间钢轨的强度等级及材质要求。正线道岔的转辙器和辙叉硬度不应低于380HB，且不应设在结构变形缝或梁缝上。道岔附带曲线可不设缓和曲线和超高，但其曲线半径不应小于道岔导曲线半径。

**2** 道岔的道床型式宜与正线道床型式相一致。正线和配线道岔宜采用6号道岔，车场线咽喉区宜采用3号道岔或梯形组合道岔。

**3** 正线道岔直向允许通过速度不应小于正线设计速度，采用深槽设计时，侧向允许通过速度不宜小于20km/h，采用浅槽设计时，侧向允许通过速度不宜小于15km/h。

**4** 有砟轨道地段道岔应采用预应力混凝土岔枕，无砟轨道地段的道岔宜采用预制钢筋混凝土岔枕或预制轨道板。

**5. 3. 4** 埋入式轨道结构应采用柔性材料轨道包裹系统，主要由轨腰柔性材料、轨底包裹材料及轨顶密封材料等组成。柔性材料应具备绝缘性、防水性及延展性，并具备减振降噪能力，混行地段的柔性材料还应具有承压能力。柔性材料应与扣件系统相匹配，实现无缝搭接。

## 5. 4 道床结构

**5. 4. 1**  无砟道床结构应符合以下规定：

**1** 道床应采用钢筋混凝土结构。隧道内和U型结构地段的混凝土强度等级不应低于C35，高架线和地面线地段不应低于C40。

**2** 伸缩缝间距不宜大于12.5m，结构变形缝、桥梁梁缝处应设伸缩缝。

**3** 道床结构应结合运营环境、基础条件等综合确定，宜采用扣件式点支撑埋入式、板式整体道床、无扣件连续支承式等道床结构。

**5. 4. 2** 有砟道床应符合下列规定：

**1** 应采用一级道砟。

**2** 正线无缝线路地段有砟道床的肩宽不应小于400mm，有缝线路地段道床肩宽不应小于300mm。无缝线路曲线半径小于800m、有缝线路曲线半径小于600m的地段，曲线外侧道床肩宽应加宽100mm，肩应堆高150mm。道床边坡均应采用1：1.75。

**3** 车场线有砟道床的道床肩宽不应小于200 mm，曲线半径不大于300m的曲线地段，曲线外侧道床肩宽应加宽100 mm，道床边坡均应采用1：1.5。

**4** 有砟道床顶面应与混凝土轨枕中部顶面平齐，其他类型轨枕地段的道床顶面应低于轨枕承轨面30 mm。

**5. 4. 3** 正线、出入线和试车线的无砟道床与有砟道床间应设置弹性过渡段，过渡段长度不宜短于全轴距。不同减振地段间的过渡方式和过渡段长度应根据计算确定。

**5. 4. 4** 道床结构的设计荷载应包括列车荷载和温度荷载，同时应考虑下部基础变形对轨道结构的影响。

## 5. 5 无缝线路

**5. 5. 1** 无缝线路设计应根据气象及线路温度资料确定设计锁定轨温，并应对轨道结构强度、稳定性等进行计算。

**5. 5. 2** 正线无砟道床宜全线铺设跨区间无缝线路，半径大于及等于400m曲线的有砟道床地段及试车线宜铺设温度应力式无缝线路。

**5. 5. 3** 线路应根据车辆制式和供电杂散专业要求，尽可能延长铺设无缝线路的范围。钢轨焊接优先采用接触焊，局部散铺段可采用铝热焊，应一次性焊接至两端直线段，并严格控制锁定轨温。

## 5. 6 轨道排水

**5. 6. 1** 埋入式轨道结构应设置排水系统，排除钢轨轮缘槽与铺装面的积水。

**5. 6. 2** 转辙机等特殊轨道工程段应设置专门的排水设施。

**5. 6. 3** 轨道纵向排水坡度与线路坡度一致，专用路权地段，铺装面横向排水坡度宜采用1%～2%，，并满足排水要求，混合路权段，排水坡的设置应结合道路统筹考虑。

## 5. 7 减振轨道结构

**5. 7. 1** 减振轨道结构应按项目环境影响评估报告书，确定减振地段位置及减振等级。

**5. 7. 2** 采取减振工程措施时，不应削弱轨道结构的强度、稳定性及平顺性。

**5. 7. 3** 应根据减振级别采用不同级别的减振产品。同一工程的减振措施不宜多于三种，每一种减振措施长度不宜小于远期一列车的长度。

## 5. 8 铺装

**5. 8. 1** 正线轨道面宜根据环境条件、景观要求进行铺设，混合路权地段根据混行要求进行铺装。

**5. 8. 2** 铺装型式可分为沥青铺装、水泥混凝土铺装、砖铺装及草坪铺装等。

**5. 8. 3** 平交路口区段的道床铺装面应与轨面平齐，并应与相邻结构表面铺装结构一致，应采取半柔性过渡材料、无扣件连续支承轨道等措施实现钢轨与路面结构之间的刚度过渡及可靠衔接。

## 5. 9 轨道附属设备及安全设备

**5. 9. 1** 轨道尽端应设置车挡或停车警示牌，并应符合下列要求：

**1** 高架线、试车线终端车挡应能承受车辆以25km/h速度撞击的冲击荷载。

**2** 地下线及辅助线终端车挡应能承受车辆以15km/h速度撞击的冲击荷载。

**3** 地面线终端安全措施应结合社会交通、起终点位置等综合考虑，可采取线路起终点延长、设置车挡等措施，当设置车挡时，最低允许撞击速度为5km/h。

**4** 车场线（试车线、牵出线除外）上为5km/h。

**5. 9. 2** 地面线终端应设置停车警示牌，高架线终端等重要位置的车挡应设置与车辆相匹配的防爬器设备。

**5. 9. 3** 应结合运营需求，设置必要的线路及信号标志；标志应采用反光材料制作。警冲标应设在两设备限界相交处，道岔编号标应设在道岔尖轨附近，其余标志宜安装在行车方向右侧司机可见的位置。

# 6 桥涵与地下工程

**6. 1 一般规定**

**6. 1. 1** 场地应避开滑坡、泥石流等地质危险地段，易发生洪涝地区应有可靠的防洪涝基础设施；场地应无危险化学品、易燃易爆危险源的威胁，应无电磁辐射、含氡土壤、化学污染等危害。

**6. 1. 2** 桥涵与地下工程的结构设计应为功能服务，做到结构安全、耐久、技术先进、经济合理。

**6. 1. 3** 结构的耐久性设计宜按现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476的有关规定执行。

**6. 2 桥涵工程**

**6. 2. 1** 新建有轨电车专用的桥梁结构，其设计基准期应为100年；与道路共用及利用既有道路的桥梁结构，其设计使用年限宜满足相应道路桥梁使用年限要求。

**6. 2. 2** 桥梁结构设计应考虑环境保护和可持续发展，满足安全、实用、经济、美观的要求并应保证在施工和运营阶段具有足够的强度、刚度以及稳定性。

**6. 2. 3** 结构净空尺寸应满足建筑限界及施工工艺的要求，并应计施工误差、测量误差、结构变形及后期沉降的影响。

**6. 2. 4** 高架桥上部结构应根据轨道、供电、运营控制、消防等各系统设备及管线的设置，为各专业接口预留条件，并应设置结构防杂散电流和桥面排水措施。

**6. 2. 5** 墩台的纵向及横向水平刚度应满足列车行车安全性和旅客乘车舒适度的要求。

**6. 3 地下工程**

**6. 3. 1** 地下工程开发应与其影响范围内的规划、在建和已建的地下建筑工程相兼容。

**6. 3. 2**  地下工程应满足承载力和建筑使用功能要求，建筑外墙、屋面、门窗、围护结构及其配件等应满足安全、耐久和防护的要求，并应满足设计使用年限的要求。

**6. 3. 3**  地下工程内部的非结构构件、设备及附属设施等应连接牢固并能适应主体结构变形。

**6. 3. 4**  地下工程的走廊、疏散通道等通行空间应满足紧急疏散、应急救护等要求，且应保持畅通，且应具有安全防护的警示和引导标识系统。

**6. 3. 5**  地下工程防灾减灾设计应因地制宜，根据当地灾害特点，结合城市综合防灾规划和人防工程建设规划，制定防灾减灾设计方案并加以落实。

**6. 3. 6** 抗震设防区的新建、改建或扩建地下建筑应严格按现行国家抗震设防标准进行设计，重点或特殊地下工程应进行抗震专项论证。

**6. 3. 7**  采取施工减隔振、结构减隔振等有效措施减少由施工、轨道交通及地面交通所产生振动对地下建筑结构安全、人群身心健康、精密仪器运行造成的不利影响，并将其控制在安全范围内。

**6. 3. 8** 应采用信息化和智能化技术，提升综合管理水平，实现地下工程各系统安全高效运行。

# 7 建筑工程

## **7. 1 一般规定**

**7. 1. 1** 有轨电车工程所在场地应规避不良工程地质和水文地质地段。当无法规避时应采取能确保工程安全的措施，并应符合施工安全、环境保护及资源保护等方面的要求。

**7. 1. 2** 有轨电车工程结构设计应结合所在地工程地质、水文地质、气候条件、地形环境的实际情况，根据勘察成果、结构特点及使用要求，选用资源消耗少及环境影响小的结构体系。

**7. 1. 3** 有轨电车工程选用的建筑材料应符合下列要求：

**1** 500km以内生产的建筑材料重量占建筑材料总重量的比例应大于60%；

**2** 现浇混凝土应采用预拌、混凝土，砂浆应采用预拌砂浆；

**3** 混凝土结构中梁、柱纵向受力普通钢筋应采用不低于400MPa级的热扎带勒钢筋。

**7. 1. 4** 结构净空尺寸应满足建筑限界及施工工艺的要求，并应计入施工误差、测量误差、结构变形及后期沉降的影响。

## **7. 2 车站**

**7. 2. 1** 车站选址和用地规划应与城市发展相协调，依据功能定位及客流预测进行选取。结合各条线路的建设时序和沿线城市发展状况，设置位置和场地布局应有利于吸引和疏散客流，符合网络化运营的衔接需求。

**7. 2. 2**  车站应与外部环境相协调，应满足乘客来车习惯，应进行无障碍设计，并应符合国家现行标准《无障碍设计规范》GB 50763的规定。

**7. 2. 3** 地面车站有效站台宜根据各设计年限及可能共线运营的有轨电车长度分期实施，并应预留改建或扩建条件。

**7. 2. 4** 地面、高架车站建筑设计应因地制宜，并减小体量。

**7. 2. 5** 高架或地下车站有效站台应根据远期及可能共线的有轨电车长度一次实施完成，城市道路的改造应按系统规模要求控制。

**7. 2. 6** 车站应易于维护，选材应考虑材料的可循环使用性能，设备应选用节能型产品，鼓励采用新型能源设施。

**7. 2. 7** 站台上应设置盲道并与城市盲道系统衔接，并应在站台边缘距离站台边缘0.4m的位置设置提示盲道。

## **7. 3 车辆基地**

**7. 3. 1** 车辆基地的功能、布局和各项设施的配置应充分利用现代有轨电车线网资源及城市既有轨道交通线网资源，在满足功能的前提下，实现资源共享，减少工程投资。

**7. 3. 2** 车辆基地应设围蔽设施，其设计宜结合当地的环境要求，选用安全、耐久、实用、经济、美观、绿色环保低碳的材料和结构形式。

**7. 3. 3** 车辆基地宜采用预制装配式设计及建设。

**7. 3. 4** 车辆基地应结合线路长度、运行交路布局，提升行车经济合理性。

**7. 3. 5** 车辆基地内严禁排放超标的污染物。

**7. 3. 6**  车辆基地人员使用的停车设施应节约土地，应采用地下停车库、机械停车库或停车楼等方式节约集约用地。

**7. 3. 7** 车辆基地管线综合规划应结合车辆段的用地充分利用车辆基地地上地下空间，宜采用综合管廊形式。

# 8 机电工程

## 8. 1 一般规定

**8. 1. 1** 牵引供电系统，应急照明，通信、信号、自动售检票、消防用电设备，与防烟、排烟和事故通风有关的用电设备应为一级负荷。

**8. 1. 2** 有轨电车外部电源方案应根据城市轨道交通线网规划、城市电网现状及规划、城市规划进行设计、可采用集中式供电、分散式供电或混合式供电。

**8. 1. 3** 地面变电所应避开易燃、易爆、有腐蚀性气体等影响电气设备安全运行的场所。

## 8. 2 车辆

**8. 2. 1** 有轨电车车辆应具有安全性、可靠性和先进性，应经济耐用，便于管理维修。车辆尚应符合现行行业标准《低地板有轨电车车辆通用技术条件》CJ/T417的有关规定。

**8. 2. 2** 有轨电车车辆应采用模块化设计。

**8. 2. 3** 有轨电车正常运行过程中宜优先采用电制动，电制动产生的制动能量应能被再生制动能量吸收装置吸收。

**8. 2. 4** 车辆系统运行引起的噪声应符合现行国家现行国家标准《声环境质量标准》GB 3096和现行行业标准及行业标准《环境影响评价技术导则城市轨道交通》HJ 453的有关要求规定。

**8. 2. 5** 车辆系统的电磁兼容性能应符合现行国家标准《轨道交通 电磁兼容 第3-2部分：机电车辆 设备》GB/T 24338中的有关规定，其他相关设备子系统应符合其各自的行业标准要求。

**8. 2. 6** 有轨电车通风与空调系统应选用可靠性高、节能性好、低噪声、运转平稳、模块化、小型化、紧凑型的设备，并应符合下列规定：

**1** 通风与空调系统的设备、管道及配件布置，应保证系统整体高效运行，并为安装、操作、测量、调试和维修预留空间位置；

**2** 在各用能点设置计量装置，实现用能分类、分项及各用能系统和大功率设备的实时计量；

**3** 系统应因地制宜，合理利用自然冷、热源。

## 8. 3 电气工程

**8. 3. 1** 电气设备具有无自爆、低损耗、低噪点等特点。在地下使用时还应满足体积小及防潮要求。

**8. 3. 2** 直流牵引系统及非线性用电设备所产生的谐波应符合现行国家标准《电能质量 公用电网谐波》GB/T 14549的有关规定。低压配电系统宜采取治理谐波的措施。

**8. 3. 3** 条件允许时可采用光伏发电或风力发电等绿色能源作为补充电源。

**8. 3. 4** 照明系统应符合下列规定：

**1** 通信、信号、火灾自动报警系统及车站的应急照明应具备应急电源；

**2** 照明应采用节能灯具；

**3** 车站应设置总等电位联结或辅助等电位联结。

**8. 3. 5** 当电气装置采用接地故障保护时，车站、区间、控制中心、车辆基地内的单体建筑等应设置包括建筑物或构筑物结构钢筋在内的总等电位联结。

**8. 3. 6** 接触网应设置过电压保护装置，所有与大地不绝缘的裸露导体应接至接地极，不应直接接至或通过电压限制装置接至回流回路。

## 8. 4 低碳运维

**8. 4. 1** 宜建立有轨电车系统与常规公交运营组织一体化常态机制，在首末班车、发车间隔、重大活动交通保障协同等方面进行多层级衔接。

**8. 4. 2** 运营组织应根据线路的客流特点，制定具有低碳效益的运行交路、行车间隔和车辆编组。并在满足旅行速度的条件下，宜优化车辆操控方案，减少车辆停站时间。

**8. 4. 3** 运营管理机构的设置，应结合有轨电车网络运营管理功能要求，通过科学的管理方式实现系统的安全、高效、节能运行。

**8. 4. 4**  有轨电车项目应根据设施和设备的条件和运行特点，制定相应的维护维修方案，并遵循安全、节能、低碳、环保、经济的原则，逐步优化。

**8. 4. 5** 有轨电车绿色低碳运营效果应定期进行评估，并根据结果进行运行优化。

**8. 4. 6** 车辆及机电系统应定期检查、调适，具有检查、调适、运行、标定记录，且记录完整。

**8. 4. 7** 宜进行有轨电车运行碳排放计算分析，并采取相关节能减排措施降低有轨电车碳排放。

**8. 4. 8** 应建立维护维修记录台账，并与有关文件应一并存档备案。

**8. 4. 9** 应建立维护监控系统，或在综合监控系统中实现系统维护情况的跟踪记录功能，实现对车辆、土建设备、机电设备系统的集中监控。

# 本标准用词说明

**1** 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1） 表示很严格，非这样做不可的：

 正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2） 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

 正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3） 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

 正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4） 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**2** 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

# 引用标准名录

《城市轨道交通工程项目规范》GB 55033

《地铁设计规范》GB 50157

《城市轨道交通技术规范》GB 50490

《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476

《绿色建筑评价标准》GB 50378

《无障碍设计规范》GB 50763

《轨道交通 电磁兼容 第3-2部分：机电车辆 设备》GB/T 24338

《电能质量 公用电网谐波》GB/T 14549

《建筑地基基础设计规范》GB 50007

《建筑设计防火规范》GB 50016

《防灾避难场所设计规范》GB 51143

《铁路路基设计规范》TB 10001

《建筑桩基技术规范》JGJ 94

《建筑地基处理技术规范》JGJ 79

《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106

《低地板有轨电车车辆通用技术条件》CJ/T417

《铁路特殊路基设计规范》TB 10035

《铁路无缝线路设计规范》TB 10015

中国工程建设标准化协会标准

**有轨电车工程绿色低碳技术规程**

# 条文说明

目 次

1 总 则 32

3 基本规定 34

4 路基工程 36

4. 1 一般规定 36

4. 2 换填路基 36

4. 3 桩板结构 37

5 轨道工程 38

5. 1 一般规定 38

5. 2 基本技术要求 38

5. 3 轨道部件 39

5. 4 道床结构 40

5. 5 无缝线路 41

5. 6 轨道排水 41

5. 7 减振轨道结构 42

5. 8 铺装 42

6 桥涵与地下工程 43

6. 1 一般规定 43

6. 2 桥涵工程 43

6. 3 地下工程 43

7 建筑工程 45

7. 1 一般规定 45

7. 2 车站 45

7. 3 车辆基地 46

8 机电工程 47

8. 1 一般规定 47

8. 2 车辆 47

8. 3 电气工程 47

8. 4 低碳运维 48

# 1 总 则

**1. 0. 1** 2020年我国大陆共18个城市开通有轨电车并投入运营，运营里程为 464.6公里，两年内有轨电车运营里程规模增幅达41.3%，规模增长的同时伴随着巨大的能源消耗，导致城市交通污染问题严重，城市道路系统的压力较大。因此，有轨电车绿色、低碳发展是落实公交优先的发展战略，推动碳达峰、碳中和目标实现的重要力量，能够尽快提升公共交通服务水平，缓解城市交通拥堵。针

对有轨电车发展的技术特征与需求，通过建立绿色低碳有轨电车技术标准，旨

在指导城市有轨电车在设计、施工及运行阶段实现服务便捷、舒适健康、环境

保护、资源节约、智慧运营、低碳发展的要求，促使更便捷、舒适、低碳、环

保、健康的城市有轨电车建设，在创造社会和经济价值的同时，推动建设和运

营过程减少资源能源的消耗，实现有轨电车建设、运营与社会、经济、资源和

环境的可持续发展，提高有轨电车建设、管理、服务水平。

从建设规模和运营里程来看，我国城市有轨电车市场前景十分广阔，有很大的潜力和发展空间。然而，随着有轨电车工程的快速发展，产生的环境负面效应和资源的消耗问题也日益突出，对绿色、低碳发展提出严峻挑战。相比于其它轨道交通形式，现代有轨电车具有运量适中、成本低的特性，但同时有轨电车在我国的发展尚处起步阶段，绿色低碳方向上的相关研究和工程实践尚不成熟，如在有轨电车的建设和运营过程中会产生大量建设垃圾、环境噪声等，同时，有轨电车运营过程需要消耗大量电能，并且会产生电磁辐射、环境振动等负面环境效应。因此，亟需建立有轨电车工程的绿色低碳技术规程，推进城市有轨电车在规划、设计、施工及运营管理阶段实现全方位的绿色、低碳化发展。

**1. 0. 2** 规定了本规程的适用范围。

**1. 0. 3** 绿色低碳有轨电车项目从设计到施工，再到运行使用，构成一个全生命周期。本规程的编制对有轨电车工程的路基工程、轨道工程、桥涵与地下工程、建筑工程、机电工程等方面的绿色低碳措施进行指导。

**1. 0. 4** 本规程重点在于对有轨电车工程全生命周期内的绿色低碳行为进行指导，并未涵盖常规有轨电车工程所应有的全方面指导，故参与评价的有轨电车线路尚应符合国家现行有关标准的规定。限于篇幅，本条文说明不能逐一列出有关标准，仅列出部分标准，如：现行国家标准《城市轨道交通工程项目规范》GB 55033、《地铁设计规范》GB 50157、《城市轨道交通技术规范》GB 50490、《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476、《绿色建筑评价标准》GB 50378、《无障碍设计规范》GB 50763、《轨道交通 电磁兼容 第3-2部分：机电车辆 设备》GB/T 24338、《电能质量 公用电网谐波》GB/T 14549、《建筑地基基础设计规范》GB 50007 、《建筑设计防火规范》GB 50016、《防灾避难场所设计规范》GB 51143；现行行业标准《铁路路基设计规范》TB 10001、《建筑桩基技术规范》JGJ 94、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79、《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106、《低地板有轨电车车辆通用技术条件》CJ/T417、《铁路特殊路基设计规范》TB 10035、《铁路无缝线路设计规范》TB 10015等。

# 3 基本规定

**3. 0. 1** 绿色低碳有轨电车工程注重全生命周期内资源节约与环境保护等方面的绿色低碳性能，应对有轨电车建筑建设的各个阶段运行控制，并综合考虑性能、安全、经济等因素，基于全生命周期的技术经济分析，选择适宜的技术体系。

**3. 0. 2** 安全耐久、服务便捷、健康舒适、环境保护、资源节约均为有轨电车工程的绿色低碳性能。其中，安全耐久是指车站或场段建筑结构、设备设施、装饰装修等具有安全性和耐久性；服务便捷是指有轨电车工程全方面指标达到国家现行标准规定的前提下，能够满足乘客对于通行效率的需求；健康舒适是指有轨电车工程可以通过营造绿色环保的车站建筑内外环境，保障车站工作人员及乘客的健康和舒适性；环境保护是指有轨电车工程自身环境没有污染超标，且采用有效措施改善环境品质，同时不降低周边环境的相关要求；资源节约是指在以人为本的前提下，实现土地、能源、水资源和材料资源的节约和高效利用。

**3. 0. 3** 概念设计为具体的设计工作确定目标，是最终合理地完成工程设计和建设的重要前提。对于有轨电车线网系统，在各个分系统功能和规模确定之前，应根据各种前提条件对整个系统进行整体性的、在一个总体口标基础上以需求为基点的、具有良好匹配性的、系统性的设计和研究。其内容应该以运营管理需求为基点，包含设计标准、管理模式、功能匹配、工程方案等。

**3. 0. 5** 绿色低碳有轨电车项目施工过程中应注意控制由于施工引起的大气污染、土壤污染、噪声和振动影响、水污染、光污染以及对场地周边区域的影响。

**3. 0. 6** 利用新的技术手段是实现有轨电车项目绿色低碳发展的实践基础。结合所在城市发展及绿色低碳技术发展水平，考虑在建设过程中工业化施工、装配式装饰装修、绿色建材、信息化运营手段等措施的适用性，因地制宜地采取相应措施，实现绿色轨道交通及绿色化技术的相互促进及发展。

应充分发挥绿色规划理念的引领作用，将绿色低碳理念贯穿于有轨电车工程全生命周期中。如，改进能耗统计监测和计量体系，加强二氧化碳排放统计核算能力建设；应用新一代绿色智能技术装备，如新一代柔性牵引供电系统、再生制动能量储馈吸收、大空间空调通风一体化、直流照明供电、智能照明控制等；应用装配式技术、电动化施工机械等低碳绿色施工技术和装备开展施工，科学制定规划建设方案。应保障有轨电车项目全生命周期绿色、低碳、高效、高质量可持续发展。

# 4 路基工程

4. 1 一般规定

**4. 1. 2** 路基主要工程风险为地基的复杂性，因此必须加强地质勘察工作，查明地质条件，提供满足评价地基和路基结构物变形的地质资料。

**4. 1. 3** 路基工程地基处理、基础结构及直接影响路基稳定和安全的支挡工程必须具有足够的强度、稳定性和耐久性。

**4. 1. 5** 过渡段一直是路基的一个薄弱环节，一方面由于轨下基础刚度差异引起轨道刚度的突变，另一方面地基沉降不一致，而导致轨面不平顺，影响车辆运行的安全、舒适。

路桥过渡段处可设置桩板结构。

4. 2 换填路基

**4. 2. 3** 路基基床是路基上部受车辆动力作用和水文气候变化影响较大的部位，其状态直接影响车辆运行的平稳和速度。

基床厚度根据动应力在路基面以下的衰减形态，并参考轨道交通目前采用的基床厚度综合分析确定。可将基床各层按当量厚度换算，根据动应力衰减至动静应力比0.2 确定基床厚度。

国家“八五”科技攻关项目“高速铁路线桥隧设计参数选择的研究”——“高速铁路路基设计技术条件研究”提出基床表层厚度由两个方面原则确定：①变形控制——在车辆荷载作用下，以顶面变形量不大于3. 5mm 为控制条件，可采用双层弹性地基上长方形均布荷载公式计算；②强度控制以作用在基床底层顶面的动应力不大于填土允许应力为控制条件。

无砟轨道基床表层应具有更高的强度、弹性模量。水泥稳定碎石在级配碎石中掺入5% 左右的水泥，将混合料掺拌均匀，在最佳含水量下压实，达到要求的密实度，就能形成较高的力学强度和水稳性。与级配碎石相比水泥稳定碎石强度、刚度和水稳定性均得到提高，能更好扩散车辆荷载，进而减少基床底层厚度，特别是在既有道路上修建有轨电车可减少开挖深度。

在城市道路路中修建有轨电车，路基面标高受原路面标高限制，在地下水位较高的地区（地下水位距地表不大于0. 5m）修建有轨电车路基时，基床底层可采用渗水土填料。

**4. 2. 5** 地基沉降计算方法在现行行业标准《铁路特殊路基设计规范》TB 10035、国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007以及上海市工程建设规范《地基基础设计规毡》DGJ 08-11中均有所规定，其中关于压缩模量取值、压缩层厚度计算方法、沉降经验系数取值等存在差异，沉降计算结果相差较大。鉴于上海地区积累了大量建筑沉降实测经验，本规范建议上海地区有轨电车路基沉降计算按上海市工程建设规范《地基基础设计规范》DGJ0811相关规定执行。有轨电车路基沉降计算方法需结合运营后路基沉降实测数据，进一步积累经验，再进行修订。

4. 3 桩板结构

**4. 3. 3** 桩板结构底板变形缝宜采取设置棒槽或剪力杆的构造措施，尽可能避免变形缝处产生竖向错台变形。相邻变形缝的纵向间距宜为25m~30m，具体可结合线路线型、道岔位置、周围环境、地下管线或构筑物分布情况等作适当调整。

**4. 3. 5** 上海地区浅层土一般可满足有轨电车荷载作用下对地基承载力的要求，桩基础基桩一般采用小型预制摩擦桩穿透软土进入相对较好的土层，以减少整体道床工后沉降为目的，因此基桩承载力及沉降计算宜按减沉复合疏桩基础设计。

# 5 轨道工程

## 5. 1 一般规定

**5. 1. 1**  轨道是钢轮钢轨有轨电车的主要设备，除引导车辆运行方向外，还直接承受车辆的竖向、横向及纵向力，因此轨道结构应具有足够的强度，保证车辆快速安全运行。为了保证舒适性，轨道结构要有适量的弹性，使乘客舒适。当钢轨作为地铁车辆牵引用电回流电路时，轨道结构应满足绝缘要求，以减少泄漏电流对结构、设备及地下管线的腐蚀。

有轨电车轨道结构以埋入式道床为主，考虑到后期运营维护的可操作性，有轨电车轨道结构设计宜采用建设高标准，养护维修低标准的原则，以满足有轨电车运营的需求。

**5. 1. 2** 轨道结构直接承受车辆荷载，是保证车辆运行安全的重要保障，必须要保证轨道结构的耐久性。

**5. 1. 3**  车辆直接运行在轨道上，轨道结构必须采用先进和成熟及经过试验合格的部件，轨道结构应技术先进、适用，还要充分考虑后期养护维修的可操作性和便利性，以适应运营的要求。

**5. 1. 4**  随着人民生活水平的提高，对环境保护的要求也越来越高，应采取系列的减振阵噪措施，达到沿线的环保要求。

## 5. 2 基本技术要求

**5. 2. 1**  标准轨距为1435mm，轨距通过轨头行车边下14mm量取。根据国外相关车辆厂商提供的资料与运营经验，有轨电车过曲线时轨距均不加宽，反而会略有减小，因此，为保证轮轨匹配性与舒适性，考虑正线轨距不加宽。

**5. 2. 3** 根据车辆通过曲线时平衡离心力、并考虑两股钢轨垂直受力均匀等条件计算曲线超高。根据最高行车速度、车辆性能、轨道结构稳定性和乘客舒适性确定最大超高为120mm。按满足舒适度要求，未被平衡横向加速度取0.4m/s2，欠超高6lmm。交叉口轨道曲线超高应结合道路横断面设计，当超高小于5mm时，可不设置超高。

**5. 2. 4** 隧道内无砟道床轨道曲线超高外轨抬高一半、内轨降低一半，可不增加隧道净空，节省结构的投资，同时能使轨道中心线与线路中心线一致，还能跟小超高顺坡段的坡度。地面线、高架线采用全超高，便于保持轨道几何状态。困难地段超高顺坡率不大于2.5%。可有效控制曲线减载率。

**5. 2. 5**  各种轨道结构高度按一般的规定，也可根据隧道结构、轨道结构和路基、桥梁的实际情况，在保证道床厚度的条件下确定。有砟道床厚度是指直线、曲线地段内股钢轨部位的轨枕底面与路基基面之间的最小道砟层和底砟层的总厚度。

**5. 2. 6** 为使同一曲线轨道弹性一致，有利于行车，保持轨道的稳定性，减少维修工作量，故规定同一曲线地段宜采用同一种道床型式。

为节省投资，车场线若无景观等特殊要求，宜采用有砟道床。

## 5. 3 轨道部件

**5. 3. 1** 有轨电车选定钢轨类型的主要因素是考虑轨道结构类型、通过总质量、行车速度、轴重、延长大修周期、减少维修工作量和减振降噪。

1 ）考虑到有轨电车以埋入式轨道结构为主， 且轴重≤12. 5t，故钢轨不宜低于50kg / m钢轨，具体轨型可根据铺装型式确定。

2 ）车场线运行空载车辆，速度又低，采用50kg/m 钢轨。

3 ）小半径曲线地段及纵坡较大地段钢轨的磨耗是影响钢轨使用寿命的主要原因。经采取相应措施或选用耐磨钢轨可以延长钢轨使用寿命。

4 ）正线、辅助线钢轨接头采用对接，可减少车辆对钢轨的冲击次数，改善运营条件。在曲线地段，内股钢轨的接头较外股钢轨的接头超前，曲线内股钢轨应采用厂制缩短轨与曲线外股标准长度钢轨配合使用，以保证内、外股钢轨的接头相错量符合规定。

根据施工和维修的实践，半径等于及小于200m的曲线地段钢轨接头采用对接，曲线易产生支嘴，所以本条规定应采用错接，错开距离不应小于3m，或大于有轨电车车辆的固定轴距。曲线钢轨接头错开3m在很多场合不满足信号的要求，则宜考虑困难条件下可对接，同时采取钢轨补强措施。

不同类型的钢轨连接，要以接头强度高、轨头截面过渡顺滑、顶面易于平顺为原则，有利于行车和维修。

**5. 3. 2** 扣件是轨道结构的重要部件，力求构造简单、造价低，不仅具有足够的强度和扣压力，还应具有良好的弹性和适量的轨距、水平调整及绝缘性能，特别对于刚性无砟道床更为重要。

1) 扣件的绝缘部件工作电阻应大于108Ω，增加扣件绝缘性能对于埋入式道床尤为重要，需增加绝缘材料的使用，如采用绝缘轨距垫、绝缘垫板等，同时对扣件金属零部件进行防腐处理，以延长扣件的使用寿命。

2 ）埋入式道床的扣件尽量选取零部件少，施工和维修量小的扣件型式，结合道床型式来增加扣件罩的设计，同时扣件罩需要考虑交叉口混行段的承压强度。

**5. 3. 3** 道岔是轨道结构的薄弱环节，其钢轨强度不应低于一般轨道的标准。为减少车轮对道岔的冲击，应避免正线道岔两端设置异型钢轨接头，故规定正线道岔的钢轨类型应与正线的钢轨类型一致。

正线道岔是控制行车速度的关键设备，道岔型号应满足远期运营的需要，道岔直向允许通过速度不应小于区间设计速度，侧向容许通过速度应满足车辆通过能力的需要。

道岔扣件采用弹性扣件，能增强道岔的稳定性和弹性，增加轨距、水平调整量，尤其是无砟道床上的道岔更应采用弹性扣件。道岔尽量避开隧道结构沉降缝，道岔转辙器、辙叉部位不应有沉降缝和梁缝。若短岔枕位于沉降缝和梁缝时，应调整避开。

有轨电车小半径曲线段多，且半径较小，轨道结构又以埋入式道床为主，为增加道岔过轨面的耐磨性，延长道岔的使用寿命，规定尖轨和辙叉的硬度均不低于380HB。

**5. 3. 4** 柔性包裹材料为特别针对埋入式有轨电车轨道结构型式的一种防护措施。柔性材料的主要作用是绝缘防腐、防水及增强轨道结构的弹性。柔性材料顶层密封材料可以很好地与道路路面结合，减缓裂缝的发生。

## 5. 4 道床结构

**5. 4. 1**  无砟道床结构应符合以下规定：

**1** 道床应采用钢筋混凝土结构。隧道内和U型结构地段的混凝土强度等级不应低于C35，高架线和地面线地段不应低于C40。

**2** 伸缩缝间距不宜大于12.5m，结构变形缝、桥梁梁缝处应设伸缩缝。

**3** 道床结构应结合运营环境、基础条件等综合确定，宜采用扣件式点支撑埋入式、板式整体道床、无扣件连续支承式等道床结构。

**5. 4. 2** 有砟道床应符合下列规定：

**1** 应采用一级道砟。

**2** 正线无缝线路地段有砟道床的肩宽不应小于400mm，有缝线路地段道床肩宽不应小于300mm。无缝线路曲线半径小于800m、有缝线路曲线半径小于600m的地段，曲线外侧道床肩宽应加宽100mm，肩应堆高150mm。道床边坡均应采用1：1.75。

**3** 车场线有砟道床的道床肩宽不应小于200 mm，曲线半径不大于300m的曲线地段，曲线外侧道床肩宽应加宽100 mm，道床边坡均应采用1：1.5。

**4** 有砟道床顶面应与混凝土轨枕中部顶面平齐，其他类型轨枕地段的道床顶面应低于轨枕承轨面30 mm。

**5. 4. 3** 正线、出入线和试车线的无砟道床与有砟道床间应设置弹性过渡段，过渡段长度不宜短于全轴距。不同减振地段间的过渡方式和过渡段长度应根据计算确定。

**5. 4. 4** 道床结构的设计荷载应包括列车荷载和温度荷载，同时应考虑下部基础变形对轨道结构的影响。

## 5. 5 无缝线路

**5. 5. 1** 无缝线路设计条件应结合上海市具体极端轨温条件。根据《铁路无缝线路设计规范》TB 10015，上海市最高轨温60.3 ℃，最低轨温-12.1 ℃，中间轨温24.1 °C 。

**5. 5. 2** 铺设无缝线路能增强轨道结构的稳定性，减少养护维修工作量，改善行车条件，减少振动和噪声，所以原则上正线均铺设无缝线路。

高架桥上采用无缝线路，应做特殊设计，尽量减小梁轨间的作用力，采用小阻力扣件，且温度跨度大于100m的钢梁及温度跨度大于120m的混凝土梁，在适当位置铺设钢轨伸缩调节器，既能保证轨道的稳定性，又能保证最低轨温下断轨的断缝不超过允许值。

## 5. 6 轨道排水

**5. 6. 1** 有轨电车钢轨轮缘槽与铺装积水，会腐蚀钢轨及其他金属，应设置排水系统排出。此外，钢轨轮缘槽内也会残留机油水，应及时排除，减少环境污染。

**5. 6. 2** 考虑到有轨电车转辙机大部分为内置式，需考虑道岔转辙机部位设置专门排水设施，接入市政管网。

## 5. 7 减振轨道结构

**5. 7. 1** 环评影响评估报告是有轨电车工程设计依据，应在轨道设计技术上落实环保部门的批复意见。

钢轨接头振动是振动的主要来源，无缝线路能大大减少接头；弹性扣件静刚度较小，弹性好，因此，采用无缝线路、弹性扣件和无砟道床或有砟道床，能满足一般减振地段的需要，达到环境保护标准。

**5. 7. 2** 轨道直接承受车辆荷载，其强度、稳定性是车辆安全运营的前提，因此在任何情况下，都应保证轨道的强度、稳定性，采取轨道减振措施往往从改善轮轨平顺性和加大轨道弹性人手，但是要根据各工程车辆、运营速度、线路条件等进行轨道强度和稳定性检算后，确定轨道结构的弹性，尤其是扣件的弹性。

**5. 7. 3** 减振等级的划分与减振产品的减振能力密不可分。减振产品分级使用，目的在于节约投资，但是为了保持轨道结构的弹性连续、减少维修备件种类等，每一条线路宜尽量减少减振产品的种类。

## 5. 8 铺装

**5. 8. 1** 有轨电车轨道铺装需结合景观功能需要、城市设计及道路通行的要求进行设计。

# 6 桥涵与地下工程

**6. 1 一般规定**

**6. 1. 1** 场地与各类危险源的距离应满足相应危险源的安全防护距离等控制要求，对场地中不利地段或潜在危险源应采取必要的避让、防护或控制、治理等措施，对场地中存在的有毒有害物质应采取有效的治理措施进行无害化处理，确保符合各项安全标准。

**6. 1. 2** 桥涵与地下工程结构设计应做到构造简洁，规格和外形力求标准化，满足城市规划、行车运营、环境保护、抗震、防水、防火、防护、防腐蚀及施工等要求，便于施工，以便于在运营维护阶段减少维修频率。

**6. 2 桥涵工程**

**6. 2. 1** 我国对于桥梁的设计使用寿命规定为100年，特殊要求下可以使用120年。

**6. 2. 2** 桥梁设计所考虑的环境保护和可持续发展要求，包括生态、水、空气、噪声等几方面。设计时应从桥位选择、桥跨布置、基础方案、墩身外形、上部结构施工方法、施工组织设计等多方面全面考虑环境要求，采取必要的工程控制措施，并建立环境监测保护体系，将不利影响减至最小。

**6. 2. 3** 结构的净空尺寸，在满足城市轨道交通建筑限界或其他使用及施工工艺等要求的前提下，应考虑施工误差、结构变形和后期沉降等的影响，并留出必要的余量。

**6. 2. 5** 为满足桥上铺设无缝线路后钢轨强度和稳定性要求，桥梁下部结构一般采用整体性强的混凝土或强度高、延性好、有利于高速行车和满足抗震要求的钢筋混凝土桥墩台。成线、成段采用统一的墩台类型，便于施工组织，同时适应景观协调要求

**6. 3 地下工程**

**6. 3. 1** 地下工程开发应与其影响范围内的规划、在建和已建的地下建筑工程相兼容。

**6. 3. 2**  建筑外墙、屋面、门窗、幕墙及外保温等围护结构应满足安全、耐久和防护要求，与建筑主体结构连接可靠，且能适合主体结构在多遇地震及各种荷载作用下的变形。建筑围护结构防水对于建筑美观、耐久性能、正常使用功能和寿命都有重要影响。

**6. 3. 3**  建筑内部的非结构构件包括非承重墙体、附着于楼屋面结构的构件、装饰构件和部件等。设备指建筑中为建筑使用功能服务的附属机械、电气构件、部件和系统，主要包括电梯、照明和应急电源、通信设备，管道系统、采暖和空气调节系统、烟火监测和消防系统、公用天线等。

建筑部品、非结构构件及附属设备等应采用机械固定、焊接、预埋等牢固性构件连接方式或一体化建造方式与建筑主体结构可靠连接，防止由于个别构件破坏引起连续性破坏或倒塌。应注意的是，以膨胀螺栓、捆绑、支架等连接或安装方式均不能视为一体化措施。

**6. 3. 4**  在发生突发事件时，疏散和救护顺畅非常重要，必须在有轨电车项目地下工程设计中考虑到对策和措施。应根据有轨电车车站建筑及车辆基地的规模、使用功能和耐火等级等因素合理设置安全疏散和避难设施。安全出口和疏散门的位置、数量、宽度及疏散楼梯间的形式，应满足人员安全疏散的要求。走廊、疏散通道等应满足现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 、《防灾避难场所设计规范》GB 51143等对安全疏散和避难、应急交通的相关要求。

**6. 3. 5**  与地下空间相关的灾害种类众多，例如火灾、地震、爆炸、塌方、突水、突泥等。提高其综合防灾减灾水平，对有轨电车项目地下空间工程灾害的预防、治理和综合防灾减灾管理体制的建立具有积极推进作用，可进一步践行有轨电车项目的绿色低碳理念。

**6. 3. 7**  采取施工减隔振、结构减隔振等有效措施减少由施工、轨道交通及地面交通所产生振动对地下建筑结构安全、人群身心健康、精密仪器运行造成的不利影响，并将其控制在安全范围内。

# 7 建筑工程

## **7. 1 一般规定**

**7. 1. 1** 有轨电车工程场地选择上应重视沿线的土地利用规划、自然条件、环境保护的因素。

**7. 1. 2** 有轨电车车站建筑及车辆基地的结构体系宜采用钢结构、木结构及装配式混凝土结构等，符合减少人工、减少消耗、提高质量、提高效率的要求。

**7. 1. 3** **1** 本款的目的是推荐采用本地化建材，建材本地化是减少运输过程资源和能源消耗、降低环境污染的重要手段之一。运输距离指建筑材料的最后一个生产工厂或场地到施工现场的距离。

**2** 本款的目的是提倡和推广使用预拌混凝土和预拌砂浆，其应用技术已较为成熟。与现场搅拌混凝土相比，预拌混凝土产品性能稳定，易于保证工程质量，且采用预拌混凝土能够减少施工现场噪声和粉尘污染，节约能源、资源，减少材料损耗。若项目所在地无预拌砂浆采购来源，预拌砂浆的使用不做强制要求。

预拌砂浆与现场拌制砂浆相比，不是简单意义的同质产品替代，而是采用先进工艺的生产线拌制，增加了技术含量，产品性能得到显著增强。预拌砂浆尽管单价比现场拌制砂浆高，但是由于其性能好、质量稳定、减少环境污染、材料浪费和损耗小、施工效率高、工程返修率低，可降低工程的综合造价。

**3** 抗拉屈服强度达到400MPa级及以上的热轧带肋钢筋，具有强度高、综合性能优的特点，用高强钢筋替代目前大量使用的335MPa级热轧带肋钢筋，平均可节约钢材12%以上。高强钢筋作为节材节能环保产品，在建筑工程中大力推广应用，是加快转变经济发展方式的有效途径，是建设资源节约型、环境友好型社会的重要举措，对推动钢铁工业和建筑业结构调整、转型升级具有重大意义。

## **7. 2 车站**

**7. 2. 1** 对于有轨电车项目，符合网络化运营可使体行车组织将更加有序、多样。在网络化交通体系下，有轨电车运营单位可动态把控客流量，并根据客流量大小调整行车组织，在提高资源利用率的同时也满足旅客乘车需求，给予旅客优质便捷的服务。同时对行车组织动态调整后，实际客流量与车流量会更加匹配，因而运营效率会更高，客流压力会更小，交通运营会更加安全有序。

**7. 2. 3** 通过利用车站建筑空间和结构潜力，使其功能适应使用者需求的变化，在适应当前需求的同时，使建筑具有更大的弹性以应对变化，以此获得更长的使用寿命及使用时的灵活度。

**7. 2. 4** 根据场地实际情况调整结构，合理减小有轨电车车站建筑体量，可有效节约土地。

**7. 2. 6** 车站应易于维护，选材应考虑材料的可循环使用性能，设备应选用节能型产品，鼓励采用新型能源设施。

## **7. 3 车辆基地**

**7. 3. 2** 车辆基地的围蔽设施包括基地用地范制与外界的隔断和基地内重要设备、设施（如变电所、给水所、物资库等）的围蔽设施，设计中应因地制宜地选择围蔽的材料和结构型式。

**7. 3. 3** 预制装配式建筑因具有施工速度快、占地少、节省劳动力、低碳环保等优点，已成为有轨电车项目建设的发展趋势。预制装配式结构在现场基本为拼装的工序，无大量混凝土施工，无须采用大面积保暖等措施，有效保证冬期施工质量，消除火灾等隐患。节省钢筋、混凝土等材料用量，不消耗木材，减少建筑垃圾产生。这种新工艺具有绿色、环保、节能的特点，在减少施工用地，特别是在现场施工劳动力的使用上可以节省50%以上，安全风险较低。装配式施工相比传统工艺能节约资源，而且建造速度快，标准化作业生产的构建精度和质量较好，使施工过程更环保，提高建筑业科技含量和生产效率，符合绿色施工及产业化发展战略。

**7. 3. 5** 车辆基地在运营过程中，除产生垃圾外，还会产生废气、污水，另外还存在生活污废水、餐饮污水、油烟气体的排放等，通过合理的技术措施和排放管理，进行无害化处理，杜绝建筑运行过程中相关污染物的不达标排放。

# 8 机电工程

## 8. 1 一般规定

**8. 1. 2** 有轨电车工程的远期建设将呈网络状，因而外部电源方案的确立，不应局限在某一条线路，而应该结合轨道交通线网进行统筹考虑。外部电源方案还直接受到城市电网的现状条件及规划的影响、包括建设时序能否合理衔接等。外部电源方案尤其是采用集中式供电，其主变电所或电源开闭所的位置及线路走廊也应符合城市规划的要求。

**8. 1. 2** 本条对变电所设置场地的安全保障进行了要求。

## 8. 2 车辆

**8. 2. 1** 提倡预防为主和技术与经济相结合的原则；对有轨电车车辆实行择优选配、正确使用、定期检测、强制维护、视情修理、合理改造、适时更新和报废的全过程综合性管理。

**8. 2. 2** 有轨电车车辆采用全电子模块可以很好的实现执行电路的智能化、网络化和小型化，可较好的满足有轨电车正线道岔的控制的需求。采用全电子执行模块，可显著减少设备用房需求，减轻维护工作人员的工作量，大幅缩短故障排除时间。

**8. 2. 3** 据一般测算，有轨电车车辆再生制动能量可达到牵引能量的20～50％左右，部分再生制动的能量可以被线路上相邻车辆和本车辅助用电吸收，如不能被吸收则转换为车载电阻消耗或机械制动消耗。

**8. 2. 4** 为使有轨电车车辆噪声减小，可通过提高辅助设备零部件的加工精度和安装精度，优化其减振系统，降低振动水平，从而降低这类机组设备振动引起的结构辐射噪声；或对车体声学进行处理，如车体的阻尼隔声处理、车辆内部的吸声处理、车体底板的减振降噪处理等。

**8. 2. 6** 第**2**款，用能计量应采用工业级智能仪表。通过分类、分项、分户用能计量，分析系统用能的合理性，优化用能控制。

## 8. 3 电气工程

**8. 3. 1** 本条规定的主要目的是火灾时减少有害烟气对身体的伤害，并保证重要负荷（如消防设备等）的供电以及节能环保和安全要求。

**8. 3. 2** 低压用电控制设备从节能角度考虑．使用了很多变频设备，如变频风机、变频扶梯等，这增加了低压配电系统中的谐波，为保证谐波满足要求，需要采取相应的滤波治理措施。

**8. 3. 3** 光伏发电作为当前最为主流的可再生能源之一，在全球市场中占据着很大的份额，而且还具备着广泛的开发潜力。首先，光伏发电的开发成本正在逐渐下降，这使得更多的人们可以接受和使用这种资源。其次，随着技术的发展，光伏发电已经摆脱了原来的天气和季节限制，可以在太阳充足的地区实现全天不间断的电力供应。最后，由于其安装和运营维护成本低，相比传统的能源发电方式，如火力发电和核能发电，更为环保和可持续，可以有效减少二氧化碳和其他有害物质的排放。

风力发电同样是当前最为广泛应用的可再生能源之一。随着技术的发展和电站建设的增加，风力发电的潜力也逐渐显露出来。首先，现代风力发电技术比传统技术效率更高。其次，应用风能可以有效地减少化石燃料的消耗，使空气更清新，所以越来越多的国家将其作为一种清洁能源来使用。

**8. 3. 5** 单一的切断接地故障保护措施因保护电器产品的质量、电器参数的选择和其使用中的变化以及施工质量、维护管理水平等原因，其动作并非完全可靠。且保护电器尚不能防止由外部引人的故障电压的危害，因此IEC标准和一些技术先进的国家都规定在采取此种保护措施时，还应采取等电位连接措施。现行国家标准《城市轨道交通技术规范》GB 50490对等电位连接也提出了强制性的要求。

## 8. 4 低碳运维

**8. 4. 1** 有轨电车在城市交通中的作用愈加重要，但是为了解决乘客换乘等诸多问题，就需要常规的公交线路与其密切的契合，即能满足其高效的优势、充分合理的布局，又要保证旅客出行的快捷性、方便性与安全性。通过二者的统一合理的布局与设计使乘客方便地换乘，使各种交通方式相辅相成、扬长避短，充分发挥各自的优点，尽量减少竞争，使得城市的运输效率达到最大。

**8. 4. 2**  有轨电车项目的运营单位应针对客流的高峰、平峰特征，对有轨电车制定针对性的行车组织方案，编制与客流特征需求相适应的行车组织运行图，做到精准投放运能，针对性地提供运营服务，既可提高客运效率，又可达到节能减排、降低碳排放的目的。

**8. 4. 3** 有轨电车项目运营阶段设置对水电、气、热的全部能耗的计量和管理系统并进行数据统计，是实现运行节能、优化系统设置的基础条件。

**8. 4. 4**  可在有轨电车运营维护阶段有效控制资源使用量，并保证项目的环境友好性，及时规避因操作规程不完善造成有轨电车项目的绿色低碳性能降低。

**8. 4. 5** 有轨电车项目的绿色低碳运维需按照运维周期，反馈有轨电车运营过程中的资源节约、安全耐久、环境友好、出行便捷等绿色低碳性能的指标，并对其中的薄弱环节进行优化调整。

**8. 4. 7** 绿色低碳有轨电车项目响应国家“双碳”政策，侧重减碳达标，在要求低碳排放同时还追求近零排放、更高运输效率效益、更低能源资源消耗、更高质量的绿色出行。

有轨电车线路的碳排放计算及其碳足迹分析，有助于帮助绿色低碳有轨电车项目进一步达到和优化节能、节水、节材等资源节约目标，经过多年的研究探索，我国也有了较为成熟的计算方法和一定量的案例实践。在计算分析基础上，再进一步采取相关节能减排措施降低碳排放，做到有的放矢。绿色低碳有轨电车项目作为节约资源、保护环境的载体，理应将此作为一项技术措施同步开展。

有轨电车线路碳排放计算分析包括线路固有的碳排放量和有轨电车在标准运行工况下的碳排放量。预评价主要分析有轨电车线路的固有碳排放量；运行评价主要分析在标准运行工况下有轨电车运行一年产生的碳排放量。